

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-349645

(43)Date of publication of application : 04.12.2002

(51)Int.Cl.

F16H 1/32

F16H 55/17

(21)Application number : 2001-154330

(71)Applicant : HARMONIC DRIVE SYST IND CO LTD

(22)Date of filing : 23.05.2001

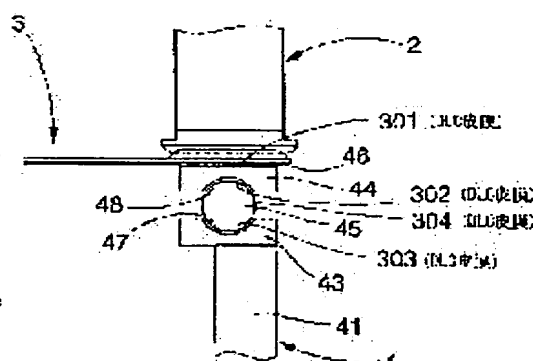
(72)Inventor : KOBAYASHI MASARU

(54) NON-LUBRICATING TYPE STRAIN WAVE GEARING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To attain a non-lubricating state of a strain wave gearing device.

SOLUTION: In a cup-shaped strain wave gearing device 1, an inner ring 43 and balls 45 of a wave bearing 42 of the wave motion generator 4 are made of ceramics, the outer ring 44 of SUJ 2 and stainless steel, and DLC membrane 302 formed by DLC coating processing in the rolling movement face 48, that is formed on the inside circumference face of the outer ring 44. DLC membrane 303 is formed by the DLC-coating processing to the rolling movement face 47, that is formed on the outer circumference face of the inner ring 43 and DLC membrane 304, is formed by the DLC coating processing on the surface of ball 45. Non-lubrication of the strain wave bearing 42 can be realized. As a result of this constitution. Also, the power loss rate is able to be reduced substantially because it the agitation resistance of the lubricant in the part of the strain wave bearing is significantly reduced.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE LEFT BLANK

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-349645
(P2002-349645A)

(43) 公開日 平成14年12月4日 (2002. 12. 4)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
F 1 6 H 1/32		F 1 6 H 1/32	B 3 J 0 2 7
55/17		55/17	Z 3 J 0 3 0

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2001-154330(P2001-154330)

(22) 出願日 平成13年5月23日 (2001. 5. 23)

(71) 出願人 390040051

株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ

東京都品川区南大井6丁目25番3号

(72) 発明者 小林 優

長野県南安曇郡穂高町大字牧1856-1 株

式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ穂高工場内

(74) 代理人 100090170

弁理士 横沢 志郎

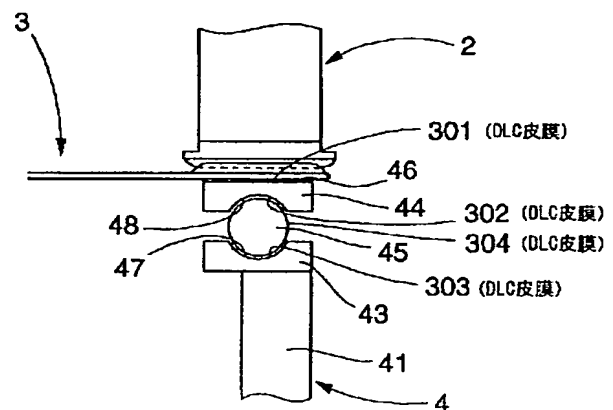
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無潤滑型波動歯車装置

(57) 【要約】

【課題】 波動歯車装置の無潤滑化を達成すること。

【解決手段】 コップ型の波動歯車装置1では、その波動発生器4のウェーブベアリング42の内輪43およびボール45はセラミックからなり、外輪44はS U J 2、ステンレス鋼からなり、外輪44の内周面に形成されている転動面48にはD L Cコーティング処理によるD L C皮膜302が形成され、内輪43の外周面に形成されている転動面47にはD L Cコーティング処理によるD L C皮膜303が形成され、ボール45の表面にはD L Cコーティング処理によるD L C皮膜304が形成されている。この構成により、ウェーブベアリング42の無潤滑化を実現できる。また、ウェーブベアリングの部分における潤滑剤の攪拌抵抗を無くすることができるので、動力損失率を大幅に低減できる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 円環状をした剛性の内歯歯車と、円環状をした可撓性の外歯歯車と、この外歯歯車を半径方向に撓めて前記内歯歯車に対して部分的に噛み合わせると共に両歯車の噛合い位置を円周方向に移動させる波動発生器とを有する波動歯車装置において、前記内歯歯車は高強度アルミニウム合金または銅合金からなり、前記外歯歯車は構造用鋼あるいはステンレス鋼からなり、前記内歯歯車の歯面には、硬質無電解メッキ処理により形成されたメッキ皮膜と、このメッキ皮膜の表面を DLC コーティング処理することにより形成された DLC 皮膜が積層されており、前記外歯歯車の歯面には、低温処理 DLC コーティングによる DLC 皮膜が形成されていることを特徴とする波動歯車装置。

【請求項 2】 円環状をした剛性の内歯歯車と、円環状をした可撓性の外歯歯車と、この外歯歯車を半径方向に撓めて前記内歯歯車に対して部分的に噛み合わせると共に両歯車の噛合い位置を円周方向に移動させる波動発生器とを有する波動歯車装置において、前記外歯歯車は構造用鋼あるいはステンレス鋼からなり、前記波動発生器は、剛性のウェーブプラグと、このウェーブプラグの外周面および前記外歯歯車の内周面の間に嵌め込まれているウェーブベアリングとを備え、このウェーブベアリングは、外周面が前記外歯歯車の内周面に接触している可撓性の外輪と、内周面が前記ウェーブプラグの外周面に接触している内輪と、これら外輪および内輪の間に転動自在に挿入されている複数の転動体とを備えており、前記波動発生器の前記外輪は、SUJ2、ステンレス鋼あるいはベリリウム銅からなり、前記外歯歯車の内周面には、水蒸気処理により形成した酸化皮膜、DLC コーティング処理により形成した DLC 皮膜、浸硫処理により形成した硫化鉄皮膜、あるいは窒化処理および水蒸気処理により形成した酸化鉄皮膜が形成されており、前記外輪の外周面には DLC コーティング処理により形成した DLC 皮膜が形成されていることを特徴とする波動歯車装置。

【請求項 3】 円環状をした剛性の内歯歯車と、円環状をした可撓性の外歯歯車と、この外歯歯車を半径方向に撓めて前記内歯歯車に対して部分的に噛み合わせると共に両歯車の噛合い位置を円周方向に移動させる波動発生器とを有する波動歯車装置において、前記波動発生器は、剛性のウェーブプラグと、このウェーブプラグの外周面および前記外歯歯車の内周面の間に嵌め込まれているウェーブベアリングとを備え、このウ

ェーブベアリングは、外周面が前記外歯歯車の内周面に接触している可撓性の外輪と、内周面が前記ウェーブプラグの外周面に接触している内輪と、これら外輪および内輪の間に転動自在に挿入されている複数の転動体とを備えており、

前記波動発生器の前記外輪は、SUJ2、ステンレス鋼あるいはベリリウム銅からなり、前記波動発生器の前記転動体は、セラミック、ステンレス鋼あるいはSUJ2からなり、前記波動発生器の内輪は、SUJ2、ステンレス鋼、ベリリウム銅、あるいはセラミックからなり、前記外輪の内周面に形成されている転動面には DLC コーティング処理による DLC 皮膜が形成されており、前記内輪の外周面に形成されている転動面には DLC コーティング処理による DLC 皮膜が形成されており、前記転動体の表面には DLC コーティング処理による DLC 皮膜が形成されていることを特徴とする波動歯車装置。

【請求項 4】 請求項 3 において、前記ウェーブプラグはアルミニウム合金あるいは銅合金からなることを特徴とする波動歯車装置。

【請求項 5】 請求項 1 において、前記波動発生器は、剛性のウェーブプラグと、このウェーブプラグの外周面および前記外歯歯車の内周面の間に嵌め込まれているウェーブベアリングとを備え、このウェーブベアリングは、外周面が前記外歯歯車の内周面に接触している可撓性の外輪と、内周面が前記ウェーブプラグの外周面に接触している内輪と、これら外輪および内輪の間に転動自在に挿入されている複数の転動体とを備えており、前記波動発生器の前記外輪は、SUJ2、ステンレス鋼あるいはベリリウム銅からなり、前記外歯歯車の内周面には、水蒸気処理により形成した酸化皮膜、DLC コーティング処理により形成した DLC 皮膜、浸硫処理により形成した硫化鉄皮膜、あるいは窒化処理および水蒸気処理により形成した酸化鉄皮膜が形成されており、前記外輪の外周面には DLC コーティング処理により形成した DLC 皮膜が形成されていることを特徴とする波動歯車装置。

【請求項 6】 請求項 5 において、前記波動発生器の前記転動体は、セラミック、ステンレス鋼あるいはSUJ2からなり、前記波動発生器の内輪は、SUJ2、ステンレス鋼、ベリリウム銅、あるいはセラミックからなり、前記外輪の内周面に形成されている転動面には DLC コーティング処理による DLC 皮膜が形成されており、前記内輪の外周面に形成されている転動面には DLC コーティング処理による DLC 皮膜が形成されており、前記転動体の表面には DLC コーティング処理による D

ＬＣ皮膜が形成されていることを特徴とする波動歯車装置。

【請求項 7】 請求項 6 において、
前記ウェーブプラグはアルミニウム合金あるいは銅合金からなることを特徴とする波動歯車装置。

【請求項 8】 請求項 1 において、
前記波動発生器は、剛性のウェーブプラグと、このウェーブプラグの外周面および前記外歯歯車の内周面の間に嵌め込まれているウェーブベアリングとを備え、このウェーブベアリングは、外周面が前記外歯歯車の内周面に接触している可撓性の外輪と、内周面が前記ウェーブプラグの外周面に接触している内輪と、これら外輪および内輪の間に転動自在に挿入されている複数の転動体とを備えており、
前記波動発生器の前記外輪は、ＳＵＪ 2、ステンレス鋼あるいはベリリウム銅からなり、
前記波動発生器の前記転動体は、セラミック、ステンレス鋼あるいはＳＵＪ 2 からなり、
前記波動発生器の内輪は、ＳＵＪ 2、ステンレス鋼、ベリリウム銅、あるいはセラミックからなり、
前記外輪の内周面に形成されている転動面にはＤＬＣコーティング処理によるＤＬＣ皮膜が形成されており、
前記内輪の外周面に形成されている転動面にはＤＬＣコーティング処理によるＤＬＣ皮膜が形成されており、
前記転動体の表面にはＤＬＣコーティング処理によるＤＬＣ皮膜が形成されていることを特徴とする波動歯車装置。

【請求項 9】 請求項 8 において、
前記ウェーブプラグはアルミニウム合金あるいは銅合金からなることを特徴とする波動歯車装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、無潤滑型の波動歯車装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】典型的な波動歯車装置は、円環状をした剛性の内歯歯車と、この内側に配置されている円環状をした可撓性の外歯歯車と、この外歯歯車の内側に嵌め込まれた波動発生器から構成されている。波動発生器は、楕円形輪郭をした剛性のウェーブプラグと、このウェーブプラグの外周に嵌めたウェーブベアリングから構成されており、外歯歯車を楕円形に撓めて、その長軸方向の両端に位置している外歯部分を剛性内歯歯車の内歯部分に噛み合わせている。波動発生器をモータ等によって回転すると、両歯車の噛み合わせ位置が円周方向に移動する。この結果、両歯車の歯数差に起因して両歯車に相対回転が発生する。一般には両歯車の歯数差は 2 枚とされ、内歯歯車が装置ハウジング等に固定されているので、歯数差に基づき大幅に減速された回転出力が外歯歯車から取出される。

【0003】この構成の波動歯車装置では、両歯車の歯部噛み合い部分、外歯歯車と波動発生器の間の摩擦摺動部分、波動発生器のウェーブベアリングにおける摩擦摺動部分に、潤滑剤を供給するようにしている。例えば、特開平 9-250609 号公報、同 9-250610 号公報、同 9-250611 号公報等には、これらの部分への潤滑機構が提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、波動歯車装置の使用場所によっては潤滑剤を使用できない場合がある。

【0005】また、例えば、クリーンルーム等のように環境汚染を回避する必要がある場合や真空中での使用の場合には潤滑剤が外部に漏れ出ないようにシール機構を取り付ける等の対策が必要になる。

【0006】更に、波動歯車装置の運転条件が厳しい場合には、特に、外歯歯車と波動発生器の間の接触面に対する潤滑が不十分になり易い。この接触面の潤滑が不十分になると、この接触面に作用する大きなスラスト力に起因して発熱および摩耗が増加し、焼き付き等の弊害が発生する。

【0007】更にまた、外歯歯車と波動発生器を相対回転自在とするために波動発生器の外周に取り付けられているウェーブベアリングにおける摩擦摺動部分では、この部分を潤滑している潤滑剤の攪拌抵抗が大きく、これが波動歯車装置の動力損失の大きな割合を占めている。

【0008】本発明の課題は、このような点に鑑みて、潤滑剤の使用が好ましくない環境下で用いるのに適した波動歯車装置を提案することにある。

【0009】また、本発明の課題は、外歯歯車と波動発生器の間の摩擦面に対する潤滑を充分に行なうことのできる波動歯車装置を提案することにある。

【0010】さらに、本発明の課題は、波動発生器のウェーブベアリングを潤滑している潤滑剤の攪拌抵抗による動力損失を回避可能な波動歯車装置を提案することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、円環状をした剛性の内歯歯車と、円環状をした可撓性の外歯歯車と、この外歯歯車を半径方向に撓めて前記内歯歯車に対して部分的に噛み合わせると共に両歯車の噛み合い位置を円周方向に移動させる波動発生器とを有する波動歯車装置において：前記内歯歯車は高強度アルミニウム合金または銅合金からなり；前記外歯歯車は構造用鋼あるいはステンレス鋼からなり；前記内歯歯車の歯面には、硬質無電解メッキ処理により形成されたメッキ皮膜と、このメッキ皮膜の表面をＤＬＣコーティング処理することにより形成されたＤＬＣ皮膜が積層されており；前記外歯歯車の歯面には、低温処理ＤＬＣコーティングによるＤＬＣ皮膜が形成されていることを特徴としている。

【0012】ここで、前記波動発生器は、一般に、剛性のウェーブプラグと、このウェーブプラグの外周面および前記外歯歯車の内周面の間に嵌め込まれているウェーブベアリングとを備え、このウェーブベアリングは、外周面が前記外歯歯車の内周面に接触している可撓性の外輪と、内周面が前記ウェーブプラグの外周面に接触している内輪と、これら外輪および内輪の間に転動自在に挿入されている複数の転動体とを備えている。

【0013】この場合には、前記波動発生器の前記外輪は、S U J 2、ステンレス鋼あるいはベリリウム銅からなり、前記外歯歯車の内周面には、水蒸気処理により形成した酸化皮膜、D L Cコーティング処理により形成したD L C皮膜、浸硫処理により形成した硫化鉄皮膜、あるいは窒化処理および水蒸気処理により形成した酸化鉄皮膜が形成されており、前記外輪の外周面にはD L Cコーティング処理により形成したD L C皮膜が形成されていることが望ましい。

【0014】また、前記波動発生器の前記転動体は、セラミック、ステンレス鋼あるいはS U J 2からなり、前記波動発生器の内輪は、S U J 2、ステンレス鋼、ベリリウム銅、あるいはセラミックからなり、前記外輪の内周面に形成されている転動面にはD L Cコーティング処理によるD L C皮膜が形成されており、前記内輪の外周面に形成されている転動面にはD L Cコーティング処理によるD L C皮膜が形成されており、前記転動体の表面にはD L Cコーティング処理によるD L C皮膜が形成されていることが望ましい。

【0015】さらに、前記ウェーブプラグはアルミニウム合金あるいは銅合金からなることが望ましい。

【0016】次に、本発明は、円環状をした剛性の内歯歯車と、円環状をした可撓性の外歯歯車と、この外歯歯車を半径方向に撓めて前記内歯歯車に対して部分的に噛み合わせると共に両歯車の噛合い位置を円周方向に移動させる波動発生器とを有する波動歯車装置において：前記外歯歯車は構造用鋼あるいはステンレス鋼からなり；前記波動発生器は、剛性のウェーブプラグと、このウェーブプラグの外周面および前記外歯歯車の内周面の間に嵌め込まれているウェーブベアリングとを備え、このウェーブベアリングは、外周面が前記外歯歯車の内周面に接触している可撓性の外輪と、内周面が前記ウェーブプラグの外周面に接触している内輪と、これら外輪および内輪の間に転動自在に挿入されている複数の転動体とを備えており；前記波動発生器の前記外輪は、S U J 2、ステンレス鋼あるいはベリリウム銅からなり；前記外歯歯車の内周面には、水蒸気処理により形成した酸化皮膜、D L Cコーティング処理により形成したD L C皮膜、浸硫処理により形成した硫化鉄皮膜、あるいは窒化処理および水蒸気処理により形成した酸化鉄皮膜が形成されており；前記外輪の外周面にはD L Cコーティング処理により形成したD L C皮膜が形成されていることを

特徴としている。

【0017】一方、本発明は、円環状をした剛性の内歯歯車と、円環状をした可撓性の外歯歯車と、この外歯歯車を半径方向に撓めて前記内歯歯車に対して部分的に噛み合わせると共に両歯車の噛合い位置を円周方向に移動させる波動発生器とを有する波動歯車装置において：前記波動発生器は、剛性のウェーブプラグと、このウェーブプラグの外周面および前記外歯歯車の内周面の間に嵌め込まれているウェーブベアリングとを備え、このウェーブベアリングは、外周面が前記外歯歯車の内周面に接触している可撓性の外輪と、内周面が前記ウェーブプラグの外周面に接触している内輪と、これら外輪および内輪の間に転動自在に挿入されている複数の転動体とを備えており；前記波動発生器の前記外輪は、S U J 2、ステンレス鋼あるいはベリリウム銅からなり；前記波動発生器の前記転動体は、セラミック、ステンレス鋼あるいはS U J 2からなり；前記波動発生器の内輪は、S U J 2、ステンレス鋼、ベリリウム銅、あるいはセラミックからなり；前記外輪の内周面に形成されている転動面にはD L Cコーティング処理によるD L C皮膜が形成されており；前記内輪の外周面に形成されている転動面にはD L Cコーティング処理によるD L C皮膜が形成されており；前記転動体の表面にはD L Cコーティング処理によるD L C皮膜が形成されていることを特徴としている。

【0018】ここで、前記ウェーブプラグはアルミニウム合金あるいは銅合金からなることが望ましい。

【0019】

【発明の実施の形態】以下に、図面を参照して、本発明を適用した無潤滑型の波動歯車装置を説明する。

【0020】図1および図2は、本発明を適用可能なコップ型の波動歯車装置の一例を示す縦断面図および正面図である。これらの図に示すように、コップ型の波動歯車装置1は、円環状をした剛性の内歯歯車2と、この内側に配置されているコップ状の可撓性の外歯歯車3と、この外歯歯車3の内側に嵌め込まれた楕円形輪郭の波動発生器4から構成されている。

【0021】コップ状の外歯歯車3は、円筒状胴部31と、この胴部31の一端開口縁から半径方向の内方に伸びている円環状のダイヤフラム32と、このダイヤフラム32の内周縁に一体形成された円環状のボス33と、胴部31の他端側開口の外周部分に形成された外歯34を備えている。外歯34は、内歯歯車2の内歯21に噛合い可能となっている。

【0022】波動発生器4は、楕円形輪郭をした剛性のウェーブプラグ41と、このウェーブプラグ5の外周に嵌めたウェーブベアリング42から構成されている。ウェーブベアリング42は、ウェーブプラグ41の外周面に嵌めた内輪43と、外歯歯車3の胴部内周面35に嵌め込まれた外輪44と、これらの間に転動自在の状態

挿入されているボール45を備えている。更に詳しくは、外輪44の外周面46は外歯歯車3の胴部内周面35に摩擦接触している。また、内輪43の外周面には円弧状断面のボール転動面47が形成され、外輪44の内周面にも円弧状のボール転動面48が形成されている。

【0023】波動発生器4は、外歯歯車3の外歯形成部分を楕円形に撓めて、その長軸方向の両端に位置している外歯34の部分を内歯歯車2の内歯21の部分に噛み合せている。波動発生器をモータ等によって回転すると、両歯車2、3の噛合位置が円周方向に移動する。この結果、両歯車2、3の歯数差に起因して両歯車に相対回転が発生する。一般には両歯車の歯数差は2枚とされ、内歯歯車2が装置ハウジング等に固定されているので、歯数差に基づき大幅に減速された回転出力が外歯歯車3から取出される。

【0024】(第1の実施例) 上記構成のコップ型の波動歯車装置1において、次のようにして、発熱源である両歯車2、3の歯面部分、外歯歯車3と波動発生器4の摩擦接触部分、波動発生器4の摩擦接触部分を、油潤滑の場合と同程度の摩擦係数($\mu=0.1$)に抑えた。また、これらの部分から発生した熱を、熱伝導性の良い材質からなる内歯歯車2およびウェーブプラグ41を介して効率良く放出可能とした。この結果、実用的な無潤滑型の波動歯車装置を得ることができた。

【0025】図3を参照して説明すると、本例では、内歯歯車2を高強度アルミニウム合金あるいは銅合金から形成し、その表面に硬質無電解メッキ処理によるメッキ皮膜101を形成した。また、内歯歯車2の内歯21の表面(歯面部分)にはメッキ皮膜101の上からDLCコーティング処理を施して、DLC皮膜102を形成した。

【0026】また、外歯歯車3を構造用鋼またはステンレス鋼から形成し、その外歯34の表面(歯面部分)には低温処理DLCコーティングによるDLC皮膜103を形成した。外歯歯車3の胴部内周面35のうち、ウェーブベアリング外輪44に接触する内周面部分104には、水蒸気処理による酸化皮膜、浸硫処理による硫化鉄皮膜、あるいはDLCコーティング処理によるDLC皮膜を形成した。

【0027】さらに、波動発生器4のウェーブベアリングの外輪44をSUJ2、ステンレス鋼あるいはベリリウム銅から形成し、その内周面(ボール転動面)48および外周面46にDLCコーティング処理によるDLC皮膜105、106を形成した。内輪43もSUJ2、ステンレス鋼、あるいはベリリウム銅から形成し、その外周面(ボール転動面)47にはDLCコーティング処理によるDLC皮膜107を形成した。ボール45をセラミック(Si_3N_4)から形成した。また、ウェーブプラグ41を低線膨張係数のアルミニウム合金あるいは、銅合金から形成した。

【0028】(第2の実施例) 波動歯車装置1において、特に潤滑性が要求される外歯歯車の胴部内周面と波動発生器外周面(ウェーブベアリング外輪の外周面)との摩擦接触部分の発熱、摩耗を抑制するために次のようにした。この結果、油潤滑時の摩擦係数($\mu=0.1$)と同様な状態が得られ、実用的な無潤滑型の波動歯車装置が得られた。

【0029】本例では、外歯歯車3の胴部内周面35におけるウェーブベアリング外輪44と接触する部分に、水蒸気処理を施すことにより自己潤滑性の高い酸化鉄皮膜201を形成した。また、ウェーブベアリング外輪44の外周面46には、DLCコーティングを施すことによりDLC皮膜202を形成した。この結果、外歯歯車3とウェーブベアリング外輪44の間には低摩擦係数の皮膜が介在し、金属同士の直接接点状態を回避できる。よって、この摩擦接触部分の発熱、摩耗を、油潤滑と同様に抑制できる。

【0030】ここで、高強度素材からなる外歯歯車3の場合には、その胴部内周面35に、窒化处理(軟窒化处理、あるいは酸窒化处理)を施した後に、水蒸気処理を施して酸化的皮膜を形成することが望ましい。

【0031】また、水蒸気処理の代わりに、低温浸硫処理による硫化皮膜を形成しても、同様の作用効果が得られる。

【0032】なお、外歯歯車3およびウェーブベアリング外輪44の材料としては、第1の実施例で述べたものを用いることができる。

【0033】(第3の実施例) 波動歯車装置1において、波動発生器4のウェーブベアリング42の摩擦接触部分、およびウェーブベアリング外輪44と外歯歯車3の摩擦接触部分の無潤滑化を次のようにして実現した。

【0034】ウェーブベアリング42の外輪44を、SUJ2あるいはステンレス鋼から形成し、内輪43をSUJ2、ステンレス鋼あるいはセラミック(Si_3N_4)から形成し、ボール45も内輪43と同様にSUJ2、ステンレス鋼あるいはセラミック(Si_3N_4)から形成した。また、ウェーブプラグ41を、ウェーブベアリング転動面47、48の発熱を効率良く放出できるようにするために、熱伝導性の良い銅系、あるいはアルミニウム系の材料から形成した。

【0035】外輪44の外周面46および内周面(ボール転動面)48には、それぞれDLCコーティング処理によるDLC皮膜301、302を形成した。内輪43の外周面(ボール転動面)47にもDLCコーティング処理によるDLC皮膜303を形成した。また、ボール45の外周面にもDLCコーティング処理によるDLC皮膜304を形成した。

【0036】ここで、SUJ2を用いる場合には、その焼き戻し温度が低いので、DLCコーティング処理温度を摂氏100度以下とすることが望ましい。また、通常

の DLC 皮膜は、硬度が Hv1000 ないし 1500 程度のもが多い。これ以上の硬度、例えば、Hv2000 ないし 8000 程度の DLC 皮膜を形成する場合には、コーティング対象の部材の表面を軟窒化処理することにより、その表層部分を硬度的に傾斜材としておくことが望ましい。

【0037】このように、ウェーブベアリング 42 の外輪内外周面 46、48、ボール 45、内輪外周面 47 に低摩擦係数の DLC コーティングを施してあるので、ウェーブベアリング 42 の部分の無潤滑化、およびウェーブベアリング外輪 44 と外歯歯車内周面 35 の接触部分の無潤滑化を実現できる。また、ボール 45 および内輪 43 をセラミックから形成した場合には特に良好な結果が得られる。

【0038】（第 4 の実施例）ここで、本発明者らの実験によれば、波動歯車装置の各部分に要求される特性は次の通りである。

【0039】すなわち、剛性内歯歯車全体としては、所定の剛性、熱伝導性、加工精度および締結強度が要求され、剛性内歯歯車の内歯部分には、所定の耐摩耗性が要求されると共に低摩擦係数を有することが要求され、また、密着性も備えていることが望ましい。

【0040】可撓性外歯歯車全体としては、所定の疲労強度、加工精度、耐摩耗性および締結強度が要求され、可撓性外歯歯車の外歯部分には、所定の耐摩耗性が要求されると共に低摩擦係数であることが要求され、また、密着性も備えていることが望ましい。さらに、可撓性内歯歯車の内周面は、低摩擦係数であること、耐摩耗性があることが要求され、密着性も備えていることが望ましい。

【0041】波動発生器としては、低発熱性であること、転動疲労強度が大きく、耐摩耗性があることが要求される。

【0042】かかる観点から、次のような条件で無潤滑型波動歯車装置を製造したところ、良好な結果が得られた。

【0043】剛性内歯歯車をアルミニウム合金製とし、全面に 10 μ m の無電解めっき皮膜を形成し、内歯部分の表面には 1 μ m 以下の DLC 皮膜を形成した。この DLC 皮膜は、めっき皮膜との密着性、硬度の傾斜を考慮して、処理温度を 350 ないし 450 $^{\circ}$ C として形成した。

【0044】可撓性外歯歯車をステンレス鋼から製造し、その外歯部分の表面に 1 μ m 以下の DLC 皮膜を形成し、その内周面を拡散焼きなましにより均質化した。DLC 皮膜は、残留応力低下を目的として、100 $^{\circ}$ C 以下の処理温度により形成した。

【0045】波動発生器はアルミニウム合金製とし、そのウェーブベアリングの外輪はステンレス鋼とし、その外周面と内周の軌道面部分に 1 μ m 以下の DLC 皮膜を

形成した。ボールはセラミック製とした。また、内輪をステンレス鋼とし、その軌道面部分に 1 μ m 以下の DLC 皮膜を形成した。外輪外周面と、外輪および内輪の軌道面部分に形成した DLC 皮膜は、材料の戻し温度以下である 200 $^{\circ}$ C 以下の処理温度で形成した。

【0046】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の波動歯車装置では、内歯歯車は高強度アルミニウム合金または銅合金からなり、外歯歯車は構造用鋼あるいはステンレス鋼からなり、内歯歯車の歯面には、硬質無電解メッキ処理により形成されたメッキ皮膜と、このメッキ皮膜の表面を DLC コーティング処理することにより形成された DLC 皮膜が積層されており、外歯歯車の歯面には、低温処理 DLC コーティングによる DLC 皮膜が形成されている。本発明によれば、内歯歯車と外歯歯車の歯面噛合い部分の無潤滑化を実現できる。

【0047】また、本発明の波動歯車装置では、その波動発生器の外輪は、SUJ2、ステンレス鋼あるいはベリリウム銅からなり、外歯歯車の内周面には、水蒸気処理により形成した酸化皮膜、DLC コーティング処理により形成した DLC 皮膜、浸硫処理により形成した硫化鉄皮膜、あるいは窒化处理および水蒸気処理により形成した酸化鉄皮膜が形成されており、外輪の外周面には DLC コーティング処理により形成した DLC 皮膜が形成されている。この構成によれば、外歯歯車と波動発生器の摩擦接触部分の無潤滑化を実現できる。

【0048】さらに、本発明の波動歯車装置では、その波動発生器のウェーブベアリングの転動体は、セラミック、ステンレス鋼あるいは SUJ2 からなり、その内輪は、SUJ2、ステンレス鋼、ベリリウム銅、あるいはセラミックからなり、その外輪の内周面に形成されている転動面には DLC コーティング処理による DLC 皮膜が形成されており、内輪の外周面に形成されている転動面には DLC コーティング処理による DLC 皮膜が形成されており、転動体の表面には DLC コーティング処理による DLC 皮膜が形成されている。この構成によれば、ウェーブベアリングの無潤滑化を実現できる。また、このウェーブベアリングの部分をおよぼす場合には、潤滑剤の攪拌抵抗が波動歯車装置の動力損失率の大半を占めることになるので、この部分を無潤滑化すれば、損失率を大幅に低減できるという利点が見られる。

【0049】また、ウェーブプラグを熱伝導性の良いアルミニウム合金あるいは銅合金から形成すれば、ウェーブベアリング転動面での発熱を効率良く外部に放出できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明を適用可能なカップ型の波動歯車装置を示す縦断面図である。

【図 2】図 1 の波動歯車装置の正面図である。

【図 3】第 1 の実施例における無潤滑化のための構成を

説明するための説明図である。

【図 4】第 2 の実施例における無潤滑化のための構成を説明するための説明図である。

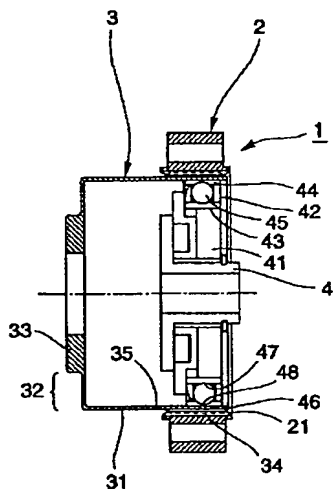
【図 5】第 3 の実施例における無潤滑化のための構成を説明するための説明図である。

【符号の説明】

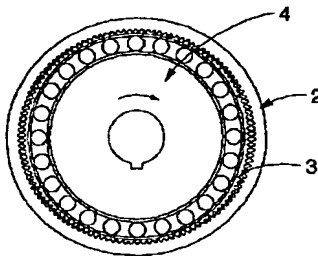
- 1 波動歯車装置
- 2 内歯歯車
- 21 内歯
- 3 外歯歯車
- 31 胴部
- 32 ダイアフラム
- 33 ボス
- 34 外歯
- 35 胴部内周面
- 4 波動発生器

- 41 ウェーブプラグ
- 42 ウェーブベアリング
- 43 内輪
- 44 外輪
- 45 ボール
- 46 外輪外周面
- 47 内輪外周面のボール転動面
- 48 外輪内周面のボール転動面
- 101 メッキ皮膜
- 102 DLC皮膜
- 103 DLC皮膜
- 104 皮膜が形成された内周面部分
- 105 DLC皮膜
- 201 酸化鉄皮膜
- 202 DLC皮膜
- 301、302、303、304 DLC皮膜

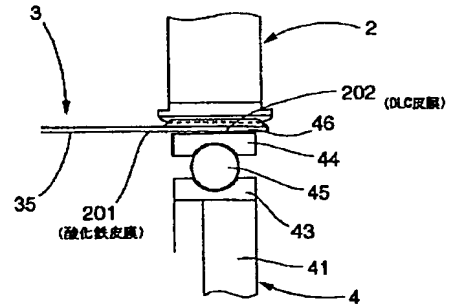
【図 1】



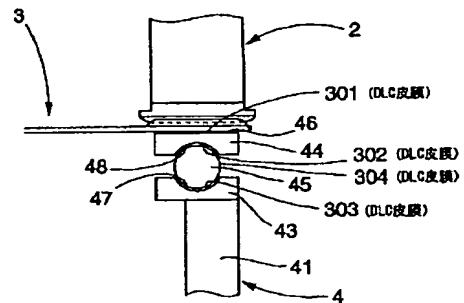
【図 2】



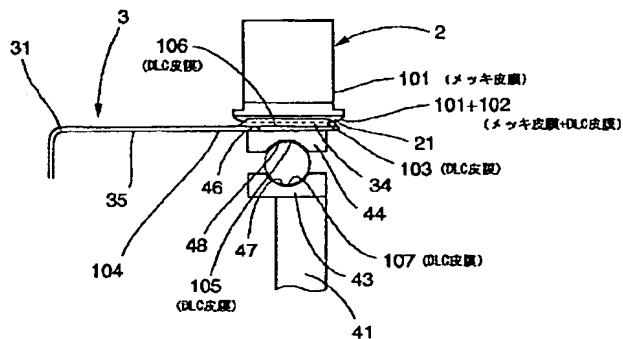
【図 4】



【図 5】



【図 3】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3J027 FA23 FA37 FB40 GA01 GB03
GC07 GC22 GD04 GD08 GD12
GE11 GE21 GE25
3J030 AC01 AC10 BA01 BC03 CA10